



竹原火力発電所全景。目の前には瀬戸内海の穏やかな海が広がる

再生可能エネルギーの導入が進むなかでも、石炭火力発電は電力の安定供給を支える重要な電源であり続けている。多くのエネルギー資源を海外に依存する日本にとって、安定的な燃料の調達はとりわけ欠かせない。石炭は石油や天然ガスに比べて価格や国際情勢の影響を受けにくい。石炭火力発電は日本の電力供給全体のバランスを保つ一翼を担つてきただ。

一方、地球温暖化対策の観点から、CO<sub>2</sub>排出量の削減は避けられない。そのため、

**安定供給を守るための更新**

今回訪れた竹原火力発電所も、環境に向けた取り組みに注力している火力発電所の一つだ。本記事では、同発電所の最新鋭の発電設備に加え、安定供給を支える運用の工夫や地域との関わりについて、J-POWERジェネレーションサービス竹原火力運営事業所所長の中村郷平さんと、所長代理の辺見幸一さんにお話を伺った。現場の声を通じて、石炭火力発電が果たす役割と、その可能性を探る。

1967年、竹原火力発電所の旧1号機が運転を開始した。その後、74年

昨年の残暑が厳しい9月上旬、瀬戸内海に面した広島県竹原市を訪れた。市の中心部には、「安芸の小京都」と呼ばれる風情ある街並みが残る。伝統的建造物群保存地区にも指定されており、竹原市は歴史の深い町として

知られている。同市の沿岸部に立地する竹原火力発電所は、穏やかな海を背に稼働している。この発電所はJ-POWER（電源開発）が保有し、運転・保守をグループ会社のJ-POWERジェネ

レーションサービスが担う。現在、旧1・2号機を更新した新1号機と3号機の2基が稼働中だ。中でも、石炭火力として世界最高水準の発電効率と環境保全設備を備える新1号機が、同発電所の特長だ。

電源開発  
J-POWER

# 竹原火力発電所が支える 電力の安定と進化

世界最高水準の石炭火力の現場から



運ばれてきた石炭を掴むグラブバケット。周りの重機と比較してもその大きさがよくわかる



四つある貯炭場の一つ。写真はほぼ満杯に石炭が入っている様子

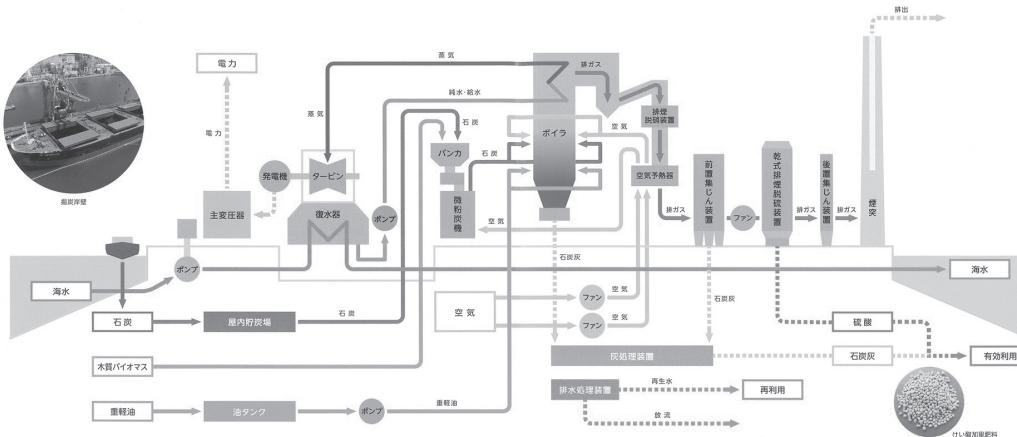
同貯炭場は石炭の払い出し方法が特徴的で、一般的には大型機械を使って行われるところ、ここではブルドーザーで穴から、その下に設置されたベルトコンベアに払い出す。大型の機器を使わないと比較的設備トラブルが起きにくいというのが利点だ。

ベルトコンベアに積まれた石炭は、一時貯留を行つ

その後、ベルトコンベアで運ばれた石炭は貯炭場へと送られる。今回は新1号貯炭場を見学させていただいた。屋根に覆われた屋内型の貯炭場に足を

踏み入れると、一面に広がる石炭の黒色とそのスケールの大きさに圧倒された。

このような形状をした貯槽が四つ設けられている。石炭が上限まで貯められる状態では一見平らに見えるが、実際には、空になると10メートル以上の深さを持つ構造だという。その規模は圧巻だ。内訳は、容量3万トンの貯槽が二つ、4万トンの貯槽が二つ。合わせると、最大で約14万トンの石炭を貯蔵できる。



新1号機。発電所の仕組み

一方で、旧1号機および旧2号機は、運転開始から40年以上が経過したころ、今後も電力を供給し続けるために、設備の高経年化対策が課題となっていた。また、発電に伴うCO<sub>2</sub>排出量を低減する観点からも、発電所の高効率化・低炭素化が強く求められていた。

こうした背景を受け、2014年に最新鋭の石炭火力発電設備である新1号機へのリプレース工事が開始された。18年に旧1号機、19年に旧2号機を廃止し、20年6月、新1号機は運転を開始した。

新1号機の発電出力は60万kWで、旧1・2号機の出力を合計した規模に相当する。これに加え、3号機は70万kWの発電能力を持ち、竹原火力発電所全体では合計130万kWの電力を

では、発電所全体の様子はどうななものか。燃料の受け入れの様子から見ていく。まず、新1号機の屋上から構内を見渡すと、多様な設備が折り重なるように並び、複雑でありながら整えられた様子が印象的だった。

そして、瀬戸内海の多島美を背景に、燃料となる石炭が運び込まれる揚炭岸壁が目にに入る。桟橋には巨大なグラブバケット式アンローダが二基据え付けられ、石炭船からの荷役を担っている。着岸する船の積載量は最大9万トン。主にオーストラリア、インドネシアなどの国々からやってくる。受入頻度は月に3~4隻、多い時には5隻程度となる。グラブバケットは一度に20立方メートル、約18トンもの石炭を持ち上げベルトコンベアへと移す。

生み出している。

## 巨大で緻密な発電所の内部

に旧2号機、83年に3号機が完成し、以来およそ半世紀にわたり、西日本の電力を安定的に支える基幹電源としての役割を担ってきた。



浄化された排ガスを大気へ放出する煙突。写真に写らない程の無色透明な排ガス

である。火力発電と聞くと、煙突から多少は煙が出ているものだろうと思つていた。だが、実際に同発電所の煙突を見上げると、まるで何も排出していないかのように排ガスは無色透明であ

った。最新鋭の設備を導入することで、環境に影響を与える物質の排出を可能な限り抑えているのだ。

ガスが排出されるまでどのような工程を経ているのか、一つずつ見てい

く。  
①排煙脱硝装置：まず、石炭を燃やした後の排ガスは、排煙脱硝装置へ送られる。排ガスは、大気汚染物質である窒素酸化物を含んでいるのだが、この装置内でアンモニアと一緒にされ、触媒を通して化学反応させることで、無害な窒素と水に分解する。  
②電気集じん機：次に電気集じん機では、高圧の電気を流した二つの電極の間に排ガスを通す。こうすることで、ばいじんは、マイナスの電気を帯びてプラスの電極に吸い寄せられ、取り除かれる。静電気を帶びた下敷きに髪が付着するのと同じ仕組みだ。  
③乾式排煙脱硫装置：最後に、排ガスは乾式排煙脱硫装置へ送られ、活性炭が充填された脱硫塔の中を通過する。ここで活性炭がスponジのようく硫酸化物だけを吸着する仕組みだ。硫酸化

である。火力発電と聞くと、煙突から多少は煙が出ているものだろうと思つていた。だが、実際に同発電所の煙突を見上げると、まるで何も排出していないかのように排ガスは無色透明であ

る。パンカに入り、微粉炭機で粉状に粉碎された後、微粉炭管、バーナーを通りボイラ内に燃焼される。その後、ボイラ



最新鋭の設備を持つ新一号機のタービン

で発生した高温、高圧の蒸気がタービン発電機を駆動し、電気が生み出されるのだ。

### 世界最高水準の発電効率を達成

次に、竹原火力発電所の技術的な要となる、新1号機について詳しく見ていく。新1号機の特徴の一つが、世界最高水準の発電効率を誇る点だ。その発電効率の高さから、より少ない燃料での発電が可能である。

それを可能にしているのが、最新鋭の技術を集約したボイラとタービンだ。特に新1号機のボイラには、水を非常に高い圧力・温度で利用することで発電効率を高める「超々臨界圧（U

SC）」という技術が採用されている。

石炭火力発電では、ボイラで石炭を燃焼させて超高温・超高压の蒸気を生み出し、その蒸気でタービンを回すことで電気をつくる。新1号機のボイラは、蒸気条件として最高使用温度600

### 排ガス中の環境負荷物質を最小限に抑える

新1号機の特長は、これだけにとどまらない。環境性能の高さもその特長

3度、最高使用圧力30・7 MPa、最大蒸発量1620トン毎時という高い性能を備えている。こうしたU<sub>SC</sub>技術により、石炭が持つエネルギーをより無駄なく電気に変換することが可能となる。新1号機の発電効率は約48%（低位発熱量基準）に達し、世界最高水準を実現した。世界的に見ても最新鋭の発電所の一つに数えられるものであると言えよう。

また、新1号機は高い運用性能を備え、再生可能エネルギーの導入が進む中で、電力需給を調整する役割も担っている。太陽光発電が活発になる昼間でも、発電量を柔軟に調整できるため、電力系統に過度な負荷をかけることなく、高出力から高出力まで幅広い範囲で安定した運転が可能だ。



微粉化された木質ペレットが燃焼されている



木質ペレットをバンカへ投入する様子。構内にはひっつきなしにトラックが出入りしていた

化物やばいじん、硫黄酸化物を大幅に低減し、世界最高レベルの環境性能を実現している。

### バイオマス燃料混焼が拓く 脱炭素への道

同発電所を有するJ-POWERグループ全体では、2050年のカーボンニュートラル実現を見据えたロードマップを策定している。2025年には2013年度比でCO<sub>2</sub>を920万トンの削減、30年には46%削減、50年には実質排出ゼロをめざす。

中でも、カーボンニュートラル達成に向け、同社火力発電ではバイオマス燃料混焼の拡大を進めている。その取り組みの一つとして、竹原火力発電所の新1号機でも、22年からは木質ペレット用いたバイオマス燃料混焼が導入された。

バイオマス燃料混焼とは、石炭などの化石燃料に木質ペレットなどのバイオマス燃料を混せて燃やす発電方法

だ。石炭の使用量を抑えられることはもちろんだが、植物は成長する過程でCO<sub>2</sub>を吸収しているため、燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しても、大気中のCO<sub>2</sub>を増やさないと考えられている。これにより、石炭火力でも発電量を維持しながらCO<sub>2</sub>排出量を抑えることができるのだ。

竹原火力発電所の新1号機では、石炭に加えて木質ペレットなどを燃料として使い、混焼率は平均重量比10%。この割合は、国内の石炭火力の中でも高い水準にある。そして、木質ペレットの使用量は年間で最大約15万トン。

CO<sub>2</sub>排出量は石炭専焼時に比べ約8%削減している。この数字は、木質ペレットの製造や輸送時に排出されるCO<sub>2</sub>も含めた評価による数値である。

材料となる木質ペレットは、国内と海外の双方から調達する。国内分は、主にJ-POWERと宮崎県森林組合連合会が、共同で出資する「宮崎ウッドペレット」で製造。製造されたペ

レットは、海外からの輸入分も含めて、竹原市に隣接する三原市の港に集められ、発電所へ届けられる。「木質ペレットは、1基あたり約20トン積み

のコンテナで搬入され、1日に30数基分もの量が使用されています。毎日トラックがひっつきなしに到着しています」（中村所長）。

搬入されたペレットはその日のうちに使い切られ、使用量は1日あたり約600～700トン。木質ペレットは運搬のしやすさから製造段階でいったん成形されるが、発電所では安定した燃焼を実現するため、石炭と同様に使用前に粉碎したうえでボイラに投入されている。

### 混焼を成立させるための仕組み

バイオマス燃料混焼の導入に向け、いくつか追加で設置した設備もある。バイオマス燃料はガスを発生しやすく、条件によっては発熱や火災につながる恐れがある。そのため、燃料を一時貯蔵するバンカにはガス検知器や火花検知器を設置し、異常時には窒素封入や散水によつて反応を抑える仕組み

を整えた。現在まで大きなトラブルは起きていない。

また、木質ペレットは搬送時に粉じんが発生しやすく、堆積すると火災リスクが高まる。このため集じん装置で常時粉じんを吸引している。回収した粉は再成形装置で再びペレット化し、燃料として再利用している。さらに、中長期的には新1号機はバイオマス燃料混焼に加えて、CCS（二酸化炭素回収・貯留）技術も組み合わせることでプラント全体のカーボンニュートラルをめざしていく予定である。

また、現在も稼働中の3号機は、非効率石炭火力に分類されるため、2030年をめどに稼働を停止する方針となつていて。しかし、まだ不確定のことも多いため30年以降の扱いについても検討が続いている。選択肢としては、運転を終える「休廃止」のほか、電力需給が逼迫した際にのみ稼働する「予備電源化」がある。予備電源化の場合、通常時は停止したまま、



所長の中村郷平さん



四足歩行ロボット「Spot」。スムーズに階段を昇降する

きかない部分も多く、今後、さまざまなことを踏まえながら2030年以降の在り方を検討していく予定です」  
（中村所長）。

### 安全を支える新たなかたち

#### 一四足歩行ロボット「Spot」

同発電所の最先端の取り組みは、保  
守・点検の業務にも及ぶ。それが、構  
内を巡視する四足歩行ロボット「Sp  
ot」の活用だ。現在は実証段階で、  
本格的な導入をめざし検証を進めて  
いる。

Spotは構内を自律的に巡回でき  
ることが特徴で、あらかじめ巡回ル  
ートとして位置情報や進行方向、点検ポ  
イントなどを記録し、点検ポイントご  
とに点検内容を設定する。記録された  
ルートはデータとして保存され、運転  
員がパソコンから指示を出すことで、  
ロボットは指定されたルートを自律的  
に巡回する。

巡回中は、単に現場の様子をカメラ

で撮影するだけではない。構内に設置  
された計器類を撮影すると、画像から  
数値を解析し、異常があればメールで  
通知することができます。さらに、サー  
モカメラや超音波カメラも搭載してお  
り、肉眼では確認できないような微細  
なガス漏洩なども、温度変化や音から  
早期に検知することができる。

人が立ち入ることが難しい場所や、  
危険を伴う非常時の現場でも、状況確  
認が可能である点も大きな特長だ。設  
備保安と安全の画面で、高い有効性が  
期待されている。現在は検証の最終段  
階に入りつつあるとのこと。今後は、  
人とロボットがそれぞれの得意分野を  
分担しながら業務を進める体制を視野  
に、本格導入に向けた検討を進めてい  
く考えだ。

実際にロボットの動きを目にする  
と、階段の昇り降りや方向転換までが  
驚くほど滑らかで、生き物のような印  
象を受けた。人手不足が課題となる  
中、その可能性は大きい。

### 最新鋭設備に挑む現場

発電所所長の中村さんと、所長代理  
の辺見さんにお話を伺った。

—新1号機の運転開始から5年が経ちま  
した。振り返ってみていかがでしょうか。

中村 この5年間で特に大きかつたの  
は、運転から2年後に始めたバイオマ  
ス燃料混焼です。それまでは、石炭火  
力としての発電効率をどこまで高めら  
れるかを追求してきました。できるだ  
け高温・高圧の蒸気を使い、燃料使用  
量を減らす。そうした0・1%単位の

効率改善努力を積み重ねてきたのです。

もちろん、高効率化は今も重要な取  
り組みです。ただ、CO<sub>2</sub>の削減とい  
う観点では、効率をいくら高めても、  
石炭を使う以上、排出をゼロにはでき  
ません。2010年代に入つてから  
は、より直接的にCO<sub>2</sub>自体を減らす  
取り組みが求められるようになります。  
した。

そうした中で、高効率化を極めるだ  
けでなく、CO<sub>2</sub>をどう下げていくの  
か、という段階に入ります。バイオマ  
ス燃料を混ぜて燃やす取り組みも、そ  
の流れの一つですね。2050年の  
カーボンニュートラルを考えると、決  
して早すぎる選択ではなく、むしろ必  
要な一步だったと思っています。

—最新鋭の設備ということで、運転や保  
守はやはり難しいのでしょうか。

中村 石炭火力はガス火力に比べると  
設備の数がとても多くて、構造もかな  
り複雑です。その分、保守や点検には  
どうしても手間がかかってしまう部分

もあります。

石炭や活性炭といった固体を扱う設  
備も多く、構内にはコンベアなどが張  
り巡らされています。すべてを機械任せ  
にできるわけではなく、人が状態を見  
ながら調整する場面も少なくあります。  
—やはり最先端ならではの苦労もあるの  
ですね。

中村 発電効率を高めるために高温・  
高圧で運転していますが、それだけ設  
備保安という点では厳しい条件になり  
ます。材料が長い時間をかけて劣化し  
ていく可能性もあるので、常に状態を  
確認しながら運転しています。そこ  
が、この設備を扱う難しさでもあります。

#### 「混焼率20%の実力はある」

—今後、石炭火力発電を取り巻く環境は  
どうなるのでしょうか？

中村 これはどういう時間軸で見ていい

くかで大きく変わってくる話だと思います。実際、世界全体で見ると、石炭の使用量は今も増えていますし、地政学的な懸念やエネルギー価格の高騰の中で、比較的安価な石炭が使われ続けているという現実があります。ですから、石炭がすぐに大きく減っていくかというと、そこは正直、まだ見通せない部分があります。

一方で、先進国では2050年のカーボンニュートラルが国際的な約束になっています。これは目標として外になってしまいます。これは目標として外すべきではないと思っていますが、そこに至る道筋が、毎年きれいな直線で下がっていくかというと、現実はもう少し複雑です。技術がいつ成熟するか、経済的に成り立つかといった要素にも左右されます。

だからこそ、目標は高く掲げつゝも、そこに向かうアプローチには幅があつてもいいのではないかでしょうか。世界的にも、理想と現実の間で摸索が続いている、そんな段階だと感じてい

くかで大きく変わつてくる話だと思い  
ます。実際、世界全体で見ると、石炭  
の使用量は今も増えていますし、地政  
学的な懸念やエネルギー価格の高騰の  
中で、比較的安価な石炭が使われ続け  
ているという現実があります。ですか  
ら、石炭がすぐに大きく減っていくか  
というと、そこは正直、まだ見通せな  
い部分があります。

——その一環としてバイオマス燃料混焼がありましたが、運転で苦労した点はありますか？

**中村** 特に夏場は気温が高く、条件によつては混焼が制限されることもありました。バイオマスは石炭に比べて性状が異なるため、排ガス温度が上がりやすいという課題があつたのです。

その問題も徐々に解消してきました。昨年の夏以降は、温度条件で混焼できないケースはほぼなくなり、今では気象条件に左右されにくく、安定して運用できるようになってきたと感じています。

——今後、混焼率は上がっていくのでしょうか？

**中村** 今は平均で重量比10%ですが、時間帯によつては20%を超える割合で燃やせている場面もあるので、その程度の実力はあると感じています。これは当初想定した以上の割合です。

——次に地域の方々との関係について教えてください。同社の火力発電所の中でも、非常に民家に近い立地だと伺っています。騒音や排出ガスについて、どのような点に配慮されているのでしょうか。

**辺見** 騒音や振動、夜間の照明について、近隣の方からご意見をいただきことはあります。ただ、古くからお住まいの方々から大きな問題になることは少なく、気になる点があれば個別に確認し、対応するようになります。

かあつてこそたど思つて います。こうして発電所を運営で きているのも、その積み重ねのうえに成り立つて いるもので すので、今後も良好な関係を大切にして いきたいと考 えています。

中村 そうですね。発電所開放デー も そうですが、運転開始以降、当発電所には本当に多くの方にお越しいただいて います。最新鋭の高効率石炭火力と して、発電所そのものやPR施設を通じて、「今の石炭火力はどういうものか」を実際に見て いただく場として、一定の役割は果たして きたのではない かと感 じて います。

たゞ、これが完成形と いうわけでは

がたこれが完成形といふわけではありません。今後も変わり続けていく

必要があります。現在旧1・2号機の撤去工事を進めていますが、そこで生まれるスペースを、次の取り組みに

開放元一当日は構内にステージを設けてヒーローショーを行ったり、キッチンカーが並んだりと、毎年多くの方に楽しんでいただいています。中でも、桟橋を開放して行う釣り大会は特に人気が多く、定員制で抽選になるほどです。発電に使った蒸気の冷却に使った海水を放水している放水口周辺では、海水温が5～6度ほど高くなることもあって、魚が集まりやすいと聞いています。

中村 そうですね、発電所開放ティーも  
そうですが、運転開始以降、当発電所  
には本当に多くの方にお越しいただい  
ています。最新鋭の高効率石炭火力と  
して、発電所そのものやPR施設を通  
じて、「今の石炭火力はどういうもの  
か」を実際に見ていただく場として、  
一定の役割は果たしてきたのではない  
かと感じています。

ただ、これが完成形というわけでは  
ありません。今後も変わり続けていく  
あります。見三、四

辺見 日常的な取り組みとしては、工事の際には騒音などへの配慮から、事前に自治会長を通じて地域の方々へお知らせを行っています。また、地元の夏祭りには当社の職員が設営を手伝うなど、日頃から顔の見えるコミュニケーションを心がけてきました。

さらに、地域共生の取り組みの一つとして、年に一度「発電所開放デー」を開催しています。この催しは1994年から続いている、毎年多くの地元の方に好評をいただいています。普段は入ることのない発電所を実際に見学してもらうことで、自分たちが暮らす

**辺見** 約60年の歴史がある発電所で、これまで地域の皆様に受け入れていただいてきました。新1号機の建設にあたっても、大きな問題もなく進めることができたのは、地域の方々のご理解

生まれるスペースを、次の取り組みにつなげていく。そうやって、この発電所もまた、進化を続けていかなければならないと考えています。



所長代理の辺見幸一さん